Thesis Title Novel Use of Carbon Nanotubes in the Reinforcement of Polypropylene Fibers

Author Mr.Tawat Soitong

Degree Doctor of Philosophy (Materials Science)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Jantrawan Pumchusak	Advisor
Dr. Robert Molloy	Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Anucha Watcharapasorn	Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Sukanda Jiansirisomboon	Co-advisor

ABSTRACT

This research aims to provide a high modulus composite fibers. This research has created a home-made melt spinning apparatus for producing composite fibers. Polypropylene composite fibers were reinforced with 2 types of multiwalled carbon nanotubes (MWCNTs), the first type is MWCNTs from Shenzhen Nanotech Port Co., Ltd. (NTP), China and the second type is MWCNTs from Research Laboratory for Excellence in Nano and Smart Materials, Chiang Mai University (CMU), Thailand. The polypropylene and PP/MWCNTs (NTP) composite fibers with 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 wt% of MWCNTs were prepared using 2-propanol as dispersing agent in ultrasonic bath. The fibers were spun at 195 ^{o}C on a home-made melt spinning apparatus and stretched at 80 ^{o}C by using a off-line stretching at a draw ratio of 5. By comparison to the properties of neat polypropylene fiber, the modulus of composite

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

fibers increased by 29, 51, 58 and 62 %, when 0.1, 1.0, 1.5, and 2.0 wt% of MWCNTs (NTP) were used and the tensile strength of fiber increased by 2, 8, 9 and 22% , respectively. However, the melting temperature of fibers did not change with the addition of MWCNTs. The agglomerations of MWCNTs were observed in the PP/MWCNTs composite fibers at all contents of MWCNTs.

The polypropylene and PP/MWCNTs (CMU) composite fibers with 1, 2, 3, 4 and 5 wt% of MWCNTs were prepared using 2-propanol as dispersing agent in micronizing miller. The fibers were spun at 195 ^{o}C on a home-made melt spinning apparatus, and stretched at130 ^{o}C by using a on-line stretching at a draw ratio of 7.5. By comparison to the properties of neat polypropylene fiber, the modulus of composite fibers increased by 69, 71, 81, 90 and 84 %, when 1, 2, 3, 4 and 5 wt% of MWCNTs (CMU) were used and the tensile strength of fiber increased by 39, 38, 45, 41 and 33% , respectively. The melting temperature did not change with addition of MWCNTs. However, the crystallization temperature, percentage of crystallinity and degradation temperature of fibers increased with the addition of MWCNTs. A good dispersion of MWCNTs in polypropylene matrix was observed.

A pilot scale spinning apparatus was utilized to achieve a larger scale fiber production (10 kg/day). Several spinning conditions were explored on this apparatus in order to gain a continuous production.

Polypropylene fibers and 1 wt% of MWCNTs composite fibers were used to enhance the fracture toughness of epoxy**.** The epoxy composite was prepared with 10 wt% of polypropylene fibers and the composite fibers and performed at 100 ^{o}C for 2 h under compression. The modulus of both epoxy composites 2.38 GPa and the fracture

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

toughness is 1.52 and 1.60 MPa.m$^{0.5}$, respectively. The process zone on the fracture surface showed debonding between epoxy-matrix and fibers.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การใช้แบบใหม่ของท่อนาโนคาร์บอนในการเสริมแรงของเส้นใยพอลิพรอพิลีน

ผู้เขียน นายธวัฒน์ สร้อยทอง

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร. จันทราวรรณ พุ่มชูศักดิ์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ดร. โรเบิร์ต มอลลอย	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผศ.ดร. อนุชา วัชระภาสร	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผศ.ดร. สุกานดา เจียรศิริสมบูรณ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูง โดยได้มีการสร้างเครื่องปั่นแบบหลอมเหลวสำหรับผลิตเส้นใย และเตรียมเส้นใยพอลิพรอพิลีนคอมโพสิตที่เสริมแรงด้วยท่อนาโนคาร์บอนชนิดผนังหลายชั้น การเตรียมเส้นใยคอมโพสิตทำโดยการเสริมแรงพอลิพรอพิลีนด้วยท่อนาโนคาร์บอน 2 ชนิด คือ ท่อนาโนคาร์บอนจากบริษัท Shenzhen Nanotech Port Co., Ltd. (NTP) ประเทศจีน และจาก Research Laboratory for Excellence in Nano and Smart Materials, Chiang Mai University (CMU) ประเทศไทย ในการขึ้นรูปเส้นใยคอมโพสิตด้วยท่อนาโนคาร์บอนจาก NTP ทำโดยการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีสัดส่วนของท่อนาโนคาร์บอน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้ 2-โพรพานอลเป็นสารช่วยกระจายตัวสำหรับท่อนาโนคาร์บอนด้วยเครื่องอัลตราโซนิก การขึ้นรูปเส้นใยคอมโพสิตทำการปั่นที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องปั่นเส้นใยแบบหลอมเหลวที่สร้างขึ้น เส้นใยถูกดึงยืดในอัตราส่วน 5 เท่า ด้วยการดึงยืดแบบไม่ต่อเนื่อง การทดสอบพบว่า ค่ามอดุลัสมีค่าเพิ่มขึ้น 29, 51, 58 และ 62 % เมื่อใช้ท่อนาโนคาร์บอน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และค่าความทนแรงดึงเพิ่มขึ้น 2, 8, 9 และ 22%, ตามลำดับ สมบัติทางความร้อนพบว่าอุณหภูมิหลอมเหลวไม่มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงจากการเสริมแรงด้วยท่อนาโนคาร์บอน จากการศึกษาสัญฐานวิทยาของเส้นใยคอมโพสิตพบการเกาะกลุ่มกันของท่อนาโนคาร์บอน

ในการขึ้นรูปเส้นใยคอมโพสิตด้วยท่อนาโนคาร์บอนจาก CMU ทำโดยการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีสัดส่วนของท่อนาโนคาร์บอน 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้ 2-โพรพานอล เป็นสารช่วยกระจายตัวสำหรับท่อนาโนคาร์บอนด้วยเครื่องผสมแบบสั่นกระแทก การขึ้นรูปเส้นใยคอมโพสิตทำที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องปั่นเส้นใยแบบหลอมเหลวที่สร้างขึ้น เส้นใยถูกดึงยืดในอัตราส่วน 7.5 เท่าด้วยเครื่องดึงยืดแบบต่อเนื่อง การทดสอบพบว่า ค่ามอดุลัสมีค่าเพิ่มขึ้น 69, 71, 81, 90 84 % เมื่อใช้ท่อนาโนคาร์บอน 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และค่าความทนแรงดึงเพิ่มขึ้น 39, 38, 45, 41 และ 33% ตามลำดับ สำหรับสมบัติทางความร้อนของเส้นใยคอมโพสิตพบว่าท่อนาโนคาร์บอนไม่ทำให้อุณหภูมิการหลอมเหลวเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ส่งผลให้อุณหภูมิการเกิดผลึก สัดส่วนผลึก และอุณหภูมิการสลายตัวของวัสดุผสมสูงขึ้นตามปริมาณของท่อนาโนคาร์บอน การศึกษาสัญฐานวิทยาของเส้นใยคอมโพสิตพบการกระจายตัวของท่อนาโนคาร์บอนที่ดี

ในการผลิตเส้นใยปริมาณสูงได้มีการใช้เครื่องปั่นเส้นใยที่มีกำลังการผลิตสูง (10 กก./วัน) โดยได้มีการปรับปรุงสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเส้นใยให้เหมาะกับผลิตแบบต่อเนื่อง

การนำเส้นใยพอลิพรอพิลีน และเส้นใยพอลิพรอพิลีนคอมโพสิตที่เสริมแรงด้วยท่อนาโนคาร์บอน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักไปใช้ประโยชน์เป็นสารช่วยเพิ่มความเหนียวสำหรับวัสดุอีพอกซี โดยการเตรียมอีพอกซีคอมโพสิตที่มีสัดส่วนของเส้นใยคอมโพสิต และเส้นใยพอลิพรอพิลีน ที่ 10 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นรูปโดยการกดอัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากการศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่า เส้นใยคอมโพสิต และเส้นใยพรอลิพรอพิลีน ส่งผลให้ค่ามอดุลัสของอีพอกซีคอมโพสิตเพิ่มขึ้นเป็น 2.38 GPa และเพิ่มค่าความเหนียวของอีพอกซีคอมโพสิตเป็น 1.52 และ 1.60 $MPa.m^{0.5}$ ตามลำดับ การศึกษาสัญฐานวิทยาของอีพอกซีคอมโพสิตแสดงให้เห็นว่าเกิดการดึงออกของเส้นใยทั้งสองชนิดออกจากเมทริกซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved